FIDEICOMISO DE RIESGO COMPARTIDO

PROYECTO DE ENERGIA RENOVABLE PARA LA AGRICULTURA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Donación GEF TF-023251-ME

Este documento será utilizado como procedimiento normativo por el personal del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y los Proveedores participantes en el suministro, instalación y pruebas de aceptación de equipos de bombeo de agua con energía fotovoltaica, del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura y para otros programas a cargo del FIRCO.

Estas Especificaciones Técnicas serán de observancia obligatoria a partir de la fecha de su distribución oficial y hasta que se emitan otras instrucciones al respecto.

Este documento sustituye a las Especificaciones Técnicas emitidas en el año 2000.

La elaboración de este documento estuvo a cargo del Ing. Miguel Valderrábano Pesquera. En la revisión del documento colaboró Laboratorios Nacionales Sandia a través de sus Consultores, el Dr. Aaron Sánchez Juárez y el Ing. Arturo Romero-Paredes.

Septiembre del 2002.

C O N T E N I D O

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y PRUEBA DE EQUIPOS DE BOMBEO DE AGUA CON ENERGÍA FOTOVOLTÁICA

OBJETIVO:

Las Especificaciones Técnicas establecen los requisitos de calidad, cantidad, frecuencia y otros aspectos relacionados con los servicios de suministro, instalación y pruebas, que deben cumplir los proveedores de sistemas de bombeo de agua con energía fotovoltaica, durante el proceso de selección, dimensionamiento o diseño, instalación, pruebas de aceptación, entrega de garantías, capacitación, servicio y mantenimiento.

Estas Especificaciones Técnicas serán de observancia obligatoria para todos los proveedores participantes en este Proyecto y en otros programas a cargo del FIRCO. Dichas Especificaciones están conformadas como se indica a continuación:

I. GARANTÍAS
II. ESPECIFICACIONES DE PARTES Y COMPONENTES
III. ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA
IV. DOCUMENTOS TÉCNICOS A ENTREGAR

I. GARANTÍAS

I.1. GENERALIDADES

El proveedor, también denominado vendedor, entregará por escrito y a favor del usuario, al término de la instalación y previo a las pruebas de aceptación, las garantías de las partes, componentes, y de la instalación del sistema (contra vicios ocultos). La póliza entrará en vigencia el día de la entrega - recepción oficial del sistema.

La garantía otorgada será cuando menos por 18 meses para las partes y componentes del sistema, exceptuando los módulos fotovoltaicos que tendrán una garantía de fábrica de 10 (diez) años como mínimo, respaldada por el vendedor. En dicho período, la degradación máxima permisible será del 10% en la potencia-pico, bajo condiciones estándares de prueba.

El proveedor o vendedor dará cumplimiento de estas garantías en el sitio de instalación del sistema.

El proveedor garantizará que el sistema y suministros a instalar sean aquellos que constituyan las partes y componentes incluidos en la cotización que sirvieron de base para formular el dictamen técnico aprobatorio.

En lo relativo a la instalación del sistema, el proveedor dará una garantía de su buen funcionamiento por un periodo de 18 meses como mínimo. La garantía cubrirá las fallas o defectos en la operación del sistema producto de una mala instalación, o vicios ocultos, o el uso de materiales no adecuados para las condiciones climatológicas del sitio. En el caso de presentarse alguna falla o defecto, el proveedor procederá a la reparación o reemplazo de las partes y componentes, sin costo alguno para el usuario.

El tiempo de respuesta para hacer válida la garantía no será mayor a 15 días naturales, contados a partir del conocimiento de la falla.

Se excluyen de éstas Garantías daños por: robo, vandalismo, terremotos, huracanes, inundaciones, incendios forestales y rayos.

II. ESPECIFICACIONES DE PARTES Y COMPONENTES

Los Sistemas de Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica se consideran integrados por cuatro subsistemas:

- GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (módulos fotovoltaicos, cableado, estructuras y cimentación).
- ACONDICIONAMIENTO DE ENERGÍA (controlador, seguidor de máxima potencia, e inversor).
- SISTEMA DE PROTECCIÓN (interruptor, protección contra descargas atmosféricas, y la puesta a tierra del sistema).

- HIDRÁULICA DEL SISTEMA (conjunto bomba/ motor, tuberías, flujómetro, cable de seguridad y accesorios).

Cada subsistema deberá cubrir las siguientes especificaciones.

II.1.- GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

II.1.1- Módulos fotovoltaicos.

Los módulos fotovoltaicos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser nuevos.
- Tener placa de identificación original (indicando los datos eléctricos y referencias del fabricante).
- Estar certificados al menos por un laboratorio de prueba cuyo logotipo estará impreso en la placa de identificación (se acepta certificación UL, NOM o equivalente)
- El marco será de aluminio con vidrio templado al frente.
- Tener caja(s) de conexión para intemperie con orificios pasa muros.
- Tener diodos de paso para reducir el efecto de sombreado parcial.

II.1.2.- Estructuras y Cimentación

Será responsabilidad del proveedor que la estructura y la cimentación para el arreglo fotovoltaico sean diseñadas y construidas con materiales apropiados para evitar que, bajo condiciones de trabajo, presenten corrosión, deformaciones mecánicas, hundimientos, fallas de cimentación y problemas relacionados con la aerodinámica del arreglo, con lo cual la estructura y cimentación tendrán una vida útil de 20 años como mínimo.

Adicionalmente se cumplirá lo siguiente:

La estructura será de metal. Podrá ser de aluminio anodizado, hierro ó acero inoxidable. Si es hierro será galvanizado en caliente o con cubierta anticorrosiva. En regiones costeras o salobres o con influencia de brisas marinas, la estructura será de aluminio o acero inoxidable.

La estructura permitirá ajustar el ángulo del arreglo de acuerdo a la latitud del lugar de la instalación (latitud ± 15°).

Para soportar la estructura solo se considerarán dos tipos de soportes aceptables: uno al piso y el otro elevado. Se entiende “soporte al piso” aquel en la que la estructura genera una altura, en la parte mas baja del arreglo, no inferior a 50 cm referenciado al nivel del terreno. Para el “soporte elevado”, la altura mínima será no menor a 1.60 m. en la parte mas baja del arreglo.

II.1.3- Cableado

Los conductores eléctricos serán de cobre y deberán satisfacer la norma eléctrica **NOM-001-SEDE-19990**.

Los cálculos de calibre y longitud de los cables o conductores se realizarán de acuerdo a las tablas del Apéndice B, anexo de este documento. La caída de tensión no excederá al 3% para voltajes de operación menores o iguales a 45 V, ó no será mayor al 5% para voltajes mayores de 45 V, esto medido en cualquier punto del sistema eléctrico. La ampacidad del cable seleccionado, a 90º C, no deberá de ser menor al valor de 1.25 de la corriente a corto circuito del arreglo. Además deberán de satisfacer los siguientes requerimientos:

a) Todo el **cableado expuesto a la intemperie** será resistente a la luz solar.[1/]
b) Todo el **cable enterrado** será resistente a la humedad, tales como los cables del tipo USE-2, XHW-2, y THWN-2.
c) Si hay 3 ó más conductores, para longitudes de hasta 3 m. dichos conductores estarán contenidos en "conduit" tipo flexible, de aluminio con recubrimientos PVC, y conectores equivalentes en las cajas de conexiones. El recubrimiento del cable a usar debe soportar temperaturas de 90º C, tales como los tipos RHH, RHW-2, THHN, THW-2 y USE-2. Para distancias mayores a 3 m., si hay 3 ó mas conductores estarán contenidos en "conduit" tipo rígido de PVC.
d) En el caso de bombas sumergibles, el cableado de la bomba al controlador /inversor se realizará con cable tipo sumergible (puede ser uso rudo del tipo ST ó SJT para voltajes máximos de operación de 24V CD).

II.2.- ACONDICIONAMIENTO DE ENERGÍA.

Los sistemas de bombeo estarán conectados al arreglo fotovoltaico mediante un acondicionador de energía que puede ser un controlador de carga, un seguidor de máxima potencia, y/o un inversor.

II.2.1.- Controlador

El controlador cumplirá con funciones de seguidor de máxima potencia en el acoplamiento del motor al arreglo fotovoltaico. Debe satisfacer las demandas eléctricas del conjunto motor/ bomba y condiciones de generación del arreglo fotovoltaico. Contará con certificación UL, NOM o equivalente y su gabinete será del tipo NEMA 3R o superior. Dentro del gabinete se incluirá una tablilla de conexión para cableado eléctrico y conexión a tierra. Las funciones de control además de cubrir con las características anteriores, incluirán dispositivos de sensores de nivel (nivel bajo y nivel alto) y protección contra descargas atmosféricas. El contralor tendrá una placa de identificación del fabricante, indicando como mínimo marca, modelo, características eléctricas y número de serie.

[1/] **NEC-99 acepta los tipos USE-2 y UF resistentes a la luz solar.**
NOM-99 permite los tipos TWD-UV (cable plano duplex), con aislante de 60º C en lugares mojados.

II.2.2.- Seguidor de máxima potencia

En el caso de bombas de diafragma o centrífugas superficiales, el controlador podrá ser reemplazado por un seguidor de máxima potencia (*linear current booster*, LCB). Este será suministrado en una caja tipo NEMA 3R o superior, en donde se incluirán la tablilla de conexión y la protección contra descargas atmosféricas.

II.2.3.- Inversor

Para que el inversor cumpla con su función de convertir la corriente directa del arreglo en corriente alterna, deberá de satisfacer las demandas eléctricas del conjunto motor/ bomba, así como ser compatible con la corriente y voltaje del arreglo fotovoltaico, contará con certificación UL, NOM o equivalente, su gabinete será tipo NEMA 3R o superior, incluirá una tablilla de conexión para cableado eléctrico y contará con dispositivos de sensores de nivel, con protección contra descargas atmosféricas y una terminal de conexión a tierra, y contará con placa de identificación del fabricante, mostrando como mínimo marca, numero de serie, modelo y características eléctricas.

En el caso de bombas cuyo inversor esté contenido en el cuerpo de la misma, el proveedor se obliga a incluir, dentro de la caja del interruptor o desconexión, la tablilla de conexión correspondiente, la protección contra descargas atmosféricas, y la terminal de conexión a tierra.

II.3.- SISTEMA DE PROTECCIÓN.

II.3.1.- Interruptor de seguridad.

El sistema de bombeo debe tener un interruptor de seguridad para reducir los riesgos de daño al operador durante las rutinas de mantenimiento. Este interruptor se localizará en la trayectoria o cable de interconexión entre el arreglo fotovoltaico y el acondicionador de energía. El interruptor podrá ser de cuchillas ó de palanca. Este interruptor debe ser calculado según las normas eléctricas mexicanas para manejar la corriente del sistema y deberá estar contenido en un gabinete tipo NEMA 3R o superior.

Si el acondicionador de energía carece de interruptor de encendido para la bomba, se deberá de instalar un interruptor en la trayectoria o cable de interconexión entre el Controlador y la Bomba. Este interruptor puede ser de palanca o cuchillas. La ampacidad del interruptor deberá ser calculada según las normas mexicanas eléctricas vigentes.

II.3.2.- Protección contra descargas atmosféricas.

El sistema de bombeo debe tener un sistema de protección contra descargas atmosféricas o sobrevoltaje. Si el fabricante del sistema de bombeo no proporciona tal protección, el proveedor deberá proporcionar dicha protección satisfaciendo los siguientes requerimientos:

- Debe ser un tubo de descarga al vació.
- La protección estará contenida en la caja de desconexión del arreglo fotovoltaico al acondicionador de energía.
- Lo anterior no es aplicable para sistemas de bombeo que carezcan de controlador o inversor.

II.3.3.- Puesta a Tierra del Sistema.

Todas las partes metálicas expuestas del sistema de bombeo fotovoltaico deberán ser puestas a tierra. La puesta a tierra se realizará conectando todos los módulos, estructura, el controlador, inversor y motor-bomba, a una varilla *copper weld* de 5/8" de diámetro y 3 metros de longitud, enterrada de manera vertical por lo menos 2.5 metros.

Si por condiciones del terreno no puede ser enterrada verticalmente la varilla los 2.5 metros indicados en el párrafo anterior, el proveedor deberá de colocar la varilla en forma horizontal, enterrándola como mínimo 30 cm bajo el nivel normal del terreno.

El conductor de puesta a tierra debe ser un conductor desnudo calibre 8 AWG ó más grueso.

El punto de conexión en la varilla deberá ser tipo unión soldada por ignición, para recibir un alambre desnudo de calibre 8 AWG (ocho) hasta calibre 2 AWG. El cable de tierra en los módulos, controlador, bomba, deberá ser un solo conductor de cobre desnudo o con recubrimiento termoplástico color verde.

II.4.- HIDRÁULICA DEL SISTEMA.

II.4.1.- Conjunto Bomba-Motor

El conjunto bomba-motor que se describirá como "la bomba", cumplirá y se instalará con los siguientes requisitos:

El cuerpo de la bomba deberá ser de material resistente a la corrosión, tales como acero inoxidable, bronce o polímeros de alta resistencia.

Los impulsores deberán de ser de materiales de alta resistencia y anticorrosivos.

Las bombas de superficie deben de estar protegidas contra la intemperie, usando para ello una cubierta o gabinetes adecuados que garanticen su operación.

En el caso de las bombas con escobillas y de diafragma, el proveedor deberá de proporcionar un juego de reemplazo; en el manual de operación y mantenimiento se incluirá el procedimiento para el reemplazo de estas partes.

Todas las bombas tendrán una placa con las características de potencia y eléctricas del motor, así como los datos del fabricante.

II.4.2.- Tuberías.

La tubería entre la bomba y el brocal de la fuente debe ser de: PVC hidráulico, Poliducto, ó de hierro (galvanizada).

En el caso de la tubería utilizada para el resto del sistema, se cumplirá lo siguiente:

Podrá usarse manguera tipo tramada de alta resistencia, en el caso de profundidades máximas de 10 metros y gastos máximos de 10 litros por minuto.

Si la longitud a la descarga es de hasta 25 m, la tubería podrá ser de PVC cédula 40, ó poliducto de resistencia equivalente, ó tubería galvanizada de cedula de resistencia equivalente.

Si la longitud a la descarga es mayor a 25 m, se usará PVC cédula 80, ó tubo galvanizado cédula 40, ó poliducto de alta densidad de resistencia equivalente.

II.4.3.- Flujómetro.

Todos los sistemas de bombeo fotovoltaico deben incluir un flujómetro que cumpla las siguientes características:

- El flujómetro deberá proporcionar lecturas de flujo instantáneo y flujo acumulado (o volumen).
- La lectura del volumen acumulado no debe ser menor de 1,000 metros cúbicos,
- El cuerpo debe ser resistente, de construcción robusta, con una vida útil de 5 años como mínimo.
- El diámetro de conexión no será inferior al diámetro de la tubería de descarga.

II.4.4.- Cable de seguridad.

Todas las bombas sumergibles deberán de incluir un cable de seguridad con las siguientes características:

- El material del cable de seguridad debe ser acero inoxidable trenzado tipo tiburón.
- El diámetro del cable no debe ser menor a ¼” ó 6 mm.
- Se aceptará cable de polietileno cuando la profundidad a la que se encuentra la bomba tenga una longitud que *no* exceda los 15 m.

II.4.5.- Sensores de nivel

El sistema de bombeo deberá tener un sistema de control de nivel de agua en la fuente y un sistema de control de nivel de agua en el tanque de almacenamiento. Esto se consigue mediante sensores de nivel que deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- Los electrodos del sensor de nivel de la fuente de agua deben ser de bronce o acero inoxidable.

- El sensor de nivel en el tanque de almacenamiento debe ser cerrado con terminales de material que garantice el registro confiable y una vida útil de 5 años.

La excepción a estos casos es cuando:
a) La fuente es un río, una laguna, cenote o cualquier fuente de agua cuyo nivel no se modifique sustancialmente a lo largo del año.
b) Cuando el tanque de almacenamiento se encuentre a más de 30 metros del sistema de control y éste carezca de la electrónica necesaria para el sensor de nivel.
c) Cuando el sistema de acondicionamiento de energía esté conectado a un seguidor de máxima potencia

II.4.6.- Accesorios

Estos accesorios deberán satisfacer lo siguiente:

Los gabinetes deben ser tipo NEMA 3R o superior, ya sean metálicos o de plástico. En caso de ser metálicos contarán con recubrimiento anticorrosivo igual al de la estructura.

Todos los tornillos de sujeción deben ser galvanizados en frío o de acero inoxidable.

Las abrazaderas deben ser de acero inoxidable.

Los cinturones de amarre (cinchos o corbatas) para ajustar o amarrar los cables a la estructura deben ser de plástico negro resistentes a los rayos solares ó metálicos tipo abrazadera sin fin.

III. ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA

III.1. EMPALMES Y CONEXIONES ELÉCTRICAS[2/]

Los puntos de conexión eléctrica o empalmes en un sistema de bombeo fotovoltaico se encuentran en: los módulos, caja de desconexión, controlador/inversor, la puesta a tierra y la bomba. Estos deben satisfacer los siguientes requerimientos:

Todos los cables deben ser continuos sin empalmes intermedios, a excepción de la conexión a la bomba, en la que se permite un solo empalme entre la bomba y el controlador o inversor.

Se deberá de respetar el código de colores para los cables a usar entre módulos, controlador-inversor, caja de desconexión, puesta a tierra y bomba, de acuerdo a la norma eléctrica: rojo para el positivo (o cualquier otro color marcado de rojo excepto verde ó blanco), verde ó desnudo para la puesta a tierra (tierra física) y blanco para el negativo aterrizado.

[2/] En toda la instalación eléctrica se deberá de satisfacer la NORMA ELECTRICA MEXICANA, NOM-001-SEDE-1999 (Emitida por SECOFI en base al Código Eléctrico Nacional, USA).

Los empalmes sumergibles deben ser hechos con elementos que aseguren un aislamiento total a prueba de agua. Cada uno de los cables se empalmarán o unirán mediante una terminal tope apropiada al calibre del conductor. El conjunto de cables empalmados debe ser cubierto con cinta vulcanizable en frío o caliente, siempre que el fabricante de la bomba no los suministre como parte de los accesorios.

El cable conductor hacia la bomba, así como los cables de los sensores deben estar firmemente sujetos a la tubería, usando cinturones de amarre (cinchos o corbatas) cada 1.5 metros.

En todos los puntos de conexión y empalmes se dispondrá de un excedente de cable para permitir ajustes o reparaciones futuras, siempre y cuando el espacio físico lo permita.

Todas las conexiones en donde no exista terminal con conectores de compresión deberán contar con terminales tipo ojillo para tornillo de tamaño adecuado.

En todos los puntos de conexión se deberá usar grasa conductora anticorrosiva entre la terminal y el punto opresor.

III.2. CONEXIONES ENTRE MÓDULOS

La conexión se realizará con terminales tipo ojillo, "hembra-macho" u otro tipo que garantice la interconexión entre módulos; en donde no exista terminal con conectores de opresión, y dicha conexión deberá resistir la tensión mecánica.

Las cajas de conexiones deberán sellarse lo suficiente para evitar la entrada de humedad, de insectos o de otros agentes extraños. Si se usa cable para intemperie en la conexión de módulos, el pasamuros de la caja debe sellar al cable. Si se usa otro tipo de cable (de los especificados en la **sección II.1.3)**, estos deben de estar en ductos de aluminio, con recubrimiento de PVC, usando en las cajas los pasamuros apropiados (llamados monitores de opresión para intemperie). En ambos casos las entradas a la caja de conexión se sellarán con silicón.

En el caso de conexión de módulos en serie, el cable entre módulos puede ser del mismo color, que no sea rojo, verde o blanco.

El proveedor deberá proporcionar una terminal con conector opresor en cada módulo para el cable de puesta a tierra.

El cable de puesta a tierra para los módulos deberá ser continuo hasta el punto general de conexión a tierra del sistema y este punto estará lo mas cercano posible al arreglo fotovoltaico.

III.3. CONEXIONES EN LA CAJA DE DESCONEXIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO CON EL ACONDICIONADOR DE ENERGÍA

En la caja de desconexión se debe instalar el interruptor que aísla el arreglo fotovoltaico del acondicionador de energía, y la terminal para el punto general de puesta a tierra. Se deberá de satisfacer los siguientes requerimientos:

Los cables de entrada y salida en la caja de desconexión deben estar en ductos de aluminio con recubrimiento de PVC, usando conectores apropiados para dicha tubería (conectores de opresión para intemperie).

Se usarán terminales tipo ojillo prensadas, si es que el interruptor no tiene terminal con conector opresor.

Las conexiones deben soportar tensión mecánica, esto significa el "tiron" de una persona adulta.

En sistemas con un cable de conducción puesto a tierra, el interruptor deberá de instalarse en el cable no puesto a tierra.

El cable de puesta a tierra debe ser conectado con terminal de ojillo en el punto general de puesta a tierra, si es que el controlador no dispone de una terminal con conector de opresión.

III.4. CONEXIONES EN EL ACONDICIONADOR DE ENERGÍA

Las conexiones en el acondicionador de energía deben satisfacer los siguientes requerimientos:

Para los casos en donde el acondicionador cuente con gabinete, los cables de entrada y salida deben estar en ductos de aluminio con recubrimiento de PVC usando conectores apropiados para dicha tubería (conectores de opresión para intemperie).

Si el acondicionador no tiene terminal con conector opresor, se usarán terminales tipo ojillo prensadas en los cables de entrada y salida del controlador, arreglo-controlador, controlador-bomba, controlador-sensor de nivel.

Las conexiones deben soportar tensión mecánica.

El cable de puesta a tierra para el acondicionador debe ser conectado con terminal de ojillo o con conector de opresión desde su punto de conexión hasta el punto general de puesta a tierra.

El acondicionador de energía deberá instalarse en la estructura del arreglo fotovoltaico de forma que *no* quede expuesto directamente a la radiación solar, y a una altura no menor de 1.60 m y no mayor que 1.8 m. sobre el nivel del piso.

En el caso de estructuras al suelo, el acondicionador de energía se ubicará directamente en la parte más alta de la zona posterior del arreglo fotovoltaico y de forma tal que sea accesible para tomar mediciones; de ser necesario se suministrará una base adicional para el mismo.

El acondicionador de energía debe estar sujeto permanentemente a la estructura mediante elementos metálicos inoxidables.

III.5. CONEXIONES EN LOS SENSORES DE NIVEL

En el caso de la conducción eléctrica del acondicionador de energía hacia los sensores de nivel de la fuente de agua y del tanque de almacenamiento, los cables conductores deben cumplir con las normas indicadas en estas Especificaciones, y satisfacer los requerimientos siguientes:

Los empalmes siempre deben ser hechos con terminales de compresión.

La conexión del cable del sensor de nivel del pozo debe ser con terminal prensada y encapsulada con sellos termocompresibles.

Los cables conductores provenientes de la bomba, en el tramo del brocal al control y del control al sensor en el tanque, deberán estar contenidos en un ducto usando poliducto negro para cables eléctricos y enterrados a 20cm de profundidad como mínimo. Cuando el terreno no permita lo anterior, el poliducto negro deberá ir sobre la ruta de menor trafico o paso de personas y animales, y será protegido o "encofrado", mediante una cubierta de concreto pobre.

III. 6. CONEXIONES HIDRÁULICAS

Las conexiones hidráulicas deben satisfacer los requerimientos siguientes:

En todas las conexiones hidráulicas roscadas debe usarse cinta de teflón ó cualquier compuesto que selle juntas hidráulicas.

Se deberá usar una tuerca unión en la tubería entre la bomba y el medidor de flujo y otra tuerca unión entre el medidor y la tubería al depósito, si es que el medidor de flujo no la incluye.

El flujómetro debe estar sujeto firmemente al brocal de la fuente de agua ó al terreno natural para evitar movimientos.

Todas las conexiones a la bomba y medidor deben ser roscadas.

Se debe de incluir en el medidor un juego de bridas o tuercas unión, para poder hacer reparaciones y ajustes a futuro.

La tubería debe estar enterrada por lo menos a 20 cm de profundidad del nivel del terreno cuando éste lo permita en excavaciones a pico y pala. Cuando el terreno *no* lo permita, la tubería deberá ser protegido o "encofrada", mediante una cubierta de concreto pobre.

No se aceptan tuberías aéreas.

El proveedor deberá efectuar suministro e instalación de tubería de descarga hasta la pila de almacenamiento.

III.7. ARREGLO FOTOVOLTAICO

La instalación del arreglo fotovoltaico debe realizarse satisfaciendo los requerimientos siguientes:

El arreglo fotovoltaico deberá instalarse lo más cercano posible a la bomba, procurando que quede aislado del transito de animales y contra el vandalismo.

Se evitarán obstáculos que proyecten sombra sobre el arreglo fotovoltaico a lo largo del día y a lo largo del año. En caso necesario se ajustará la altura del arreglo, en lo posible evitando la tala de árboles.

El arreglo fotovoltaico estará orientado al sur verdadero con el ángulo de inclinación calculado para el mes crítico.

Cuando no se indique el mes crítico, la inclinación del arreglo fotovoltaico respecto a la horizontal será igual a la latitud del lugar más/menos 5 (cinco) grados.

La estructura deberá quedar debidamente ajustada para evitar cambios indeseables en la orientación del arreglo fotovoltaico. Sin embargo, su diseño deberá permitir ajustes del ángulo de inclinación en cualquier época del año, o incluir un “sistema de seguidores” de máxima potencia, en aquellos casos específicos que lo justifiquen.

Los módulos fotovoltaicos deberán sujetarse cada uno con 4 tornillos como mínimo. Los tornillos deberán llevar rondanas planas y de presión. Deberá de haber una separación entre módulos contiguos de al menos 2 mm para evitar daños a éstos por efectos de dilatación térmica.

Los cables conductores o ductos de conducción deberán quedar protegidos de la luz directa, buscando su mejor ubicación para minimizar el calentamiento por la exposición a los rayos solares.

Los conductores ó el ducto para los conductores deberán estar ajustados firmemente a la estructura mediante cinturones de amarre (cinchos o corbatas de plástico de color negro) o abrazaderas tipo sin fin de acero inoxidable.

III.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Los sistemas de seguridad están compuestos por la caja de desconexión, la tierra física, el cable conductor negativo, las abrazaderas y la cuerda de seguridad. Estos componentes deben satisfacer los requerimientos siguientes:

La caja de desconexión exigida en II.3.1 se instalará inmediatamente arriba o a un lado del acondicionador de energía.

El cable conductor negativo de los módulos fotovoltaicos, acondicionador de energía y bomba deben estar "puestos a tierra" en un solo punto de conexión, el punto general de puesta a tierra, localizado en la caja de desconexión.

La cuerda de seguridad debe estar firmemente sujeta a la bomba usando sujetadores especiales de acero inoxidable o galvanizados tipo opresión para la parte sumergida.

La tubería de la bomba debe estar sujeta firmemente en el brocal de la fuente usando abrazaderas de hierro galvanizadas ó soporte metálico con protección anticorrosiva.

La cuerda de seguridad debe estar sujeta a la cubierta del brocal de la fuente de agua usando sujetadores de opresión adecuados para las condiciones de intemperismo de la zona. En todo caso el trabajo a la tensión por la carga propia de la bomba será absorbido por la cuerda de seguridad.

El brocal de la fuente debe quedar tapado, ya sea por el Proveedor o por el usuario, previo acuerdo entre ellos.

IV. DOCUMENTOS TÉCNICOS A ENTREGAR

IV.1. AL PRESENTAR LA OFERTA TÉCNICO-ECONÓMICA

El vendedor o proveedor esta obligado a presentar al comprador potencial la siguiente documentación:

a) Relación de partes y componentes del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos.

b) Dimensionamiento del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos y memoria de cálculo, incluyendo las curvas de eficiencia de operación de sistema.

c) Cotización detallada de las partes y componentes, desglosando las características, cantidades y precios unitarios de cada una, así como costo de la instalación y monto de los impuestos correspondientes y el costo total. No se aceptan propuestas que indiquen un sistema o "paquete", sin desglose y características de sus componentes.

d) Para el caso de accesorios hidráulicos y eléctricos el proveedor especificará en un apartado o anexo el contenido de los lotes (no será necesario el desglose detallado de precios de estos accesorios).

e) Período de vigencia de la cotización.

f) Tiempo de entrega e instalación del sistema para su puesta en operación.

g) Garantías que otorgará al comprador.

IV.2. AL ENTREGAR EL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

Para iniciar el procedimiento de la prueba de aceptación, el proveedor deberá entregar al usuario la siguiente documentación:

- Manual de operación del sistema y de recomendaciones de uso, incluyendo protocolo de inspección y mantenimiento, información técnica relevante del equipo y relación de posibles causas de falla.
- Diagrama eléctrico simplificado de la instalación.
- Resultados de la prueba de aceptación.

V. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

De acuerdo a éstas Especificaciones Técnicas, el proveedor deberá realizar las pruebas de aceptación del sistema fotovoltaico ante la presencia del usuario y del técnico designado por la Gerencia Estatal del FIRCO.

El procedimiento de revisión del sistema fotovoltaico consistirá en las siguientes pruebas, siguiendo el formato establecido:

- Inspección visual del sistema de bombeo con paneles fotovoltaicos
- Medición de la temperatura del arreglo fotovoltaico.
- Medición del Voltaje del arreglo fotovoltaico en circuito abierto.
- Medición del Voltaje y corriente de operación de la bomba, medido en el acondicionador de energía.
- Prueba de rendimiento de energía de corto plazo (normalización).
- Aforo del gasto o volumen de agua durante este tiempo.
- Inspección visual de la estructura de la cimentación del arreglo, revisándose tornillería, cajas de conexión, sellado de atravesadores, cableado e instalación hidráulica, y demás puntos detallados en la hoja de Prueba de Aceptación.

VI. INSTRUCCIONES AL OPERADOR DEL SISTEMA O CAPACITACION BASICA

Sustentado en el Manual de Operación del sistema fotovoltaico y en las Recomendaciones de uso, el proveedor deberá dar una explicación clara al usuario, en el sitio de la instalación y como parte de las pruebas de aceptación, sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento preventivo del sistema, indicando cuales son las partes y componentes del mismo, así como las causas probables de falla y posible corrección inmediata.

La explicación deberá de incluir temas de seguridad del equipo y para la protección del usuario.

VII. SERVICIO DE MANTENIMIENTO

En caso de falla del sistema fotovoltaico, el proveedor en un período no mayor a 15 días naturales, después de haber recibido el reporte, enviará a un técnico capacitado al sitio de la instalación con el objeto de corregir la falla, durante el tiempo de garantía del sistema.

VIII. OBLIGATORIEDAD

Estas Especificaciones Técnicas serán obligatorias para aquellas empresas de servicios de suministro e instalación de sistemas de bombeo de agua con energía fotovoltaico interesadas en participar en el suministro, instalación y Prueba de Equipos de Bombeo de Agua con Paneles Fotovoltaicos", del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura y para otros programas a cargo del FIRCO.

El Fideicomiso de Riesgo Compartido a través de sus Gerencias Estatales remitirán oficialmente estas Especificaciones Técnicas a las empresas de servicios de suministro e instalación de sistemas de bombeo con energía fotovoltaica mencionadas; las Gerencias Estatales mantendrán en resguardo el documento comprobatorio de la recepción de estas Especificaciones por parte de las empresas interesadas.

Por su parte, las empresas interesadas notificarán por escrito a la Dirección de Normatividad y Control de la Operación del FIRCO su aceptación plena a este documento normativo del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura y de otros programas a cargo del FIRCO.

Asimismo, las empresas interesadas junto con la aceptación remitirán un documento de presentación de la empresa, tipo Currículo vite, que utilizará la Unida de Control del Proyecto para elaborar un Directorio actualizado de las empresas proveedoras de sistemas de energía renovable.

Septiembre del 2002

APÉNDICE A: Aislamiento de conductores para los Sistemas Fotovoltaicos.

Los tipos de aislantes a usar en los sistemas fotovoltáicos, deberán ser elegidos en función a:

a. El voltaje de operación (Rango de 12 a 600 Volts)
b. La humedad relativa del sitio de la instalación. (Rango de 20% a 85%)
c. La temperatura máxima posible de operación (Rango de –10° a 90°C)
d. Su ubicación en la instalación (expuesta al sol, expuesto al aire, directamente enterrado, expuesto a la lluvia)
e. Su método de protección. (sin protección o dentro de conduits).

La siguiente tabla indica la clasificación internacional para los aislantes de conductores[3]:

Clase	Descripción Inglés	Descripción Español
R	Rubber 140 °F	Aislamiento de Hule, temperatura máxima de operación: 60°C
T	Thermoplastic 140 °F	Aislamiento de Termoplástico, temperatura máxima de operación: 60°C
RH	Heat resistant Rubber 167 °F	Aislamiento de Hule, resistente a temperaturas de hasta 75°C aplicable en ambientes secos y húmedos
RHH	Heat resistant Rubber 194 °F	Aislamiento de Hule, resistente a temperaturas de hasta 90°C aplicable en ambientes secos y húmedos
RHW	Moisture and Heat Resistant Rubber 167 °F	Aislamiento de Hule, resistente a la humedad (contacto directo con agua) y a temperaturas de operación hasta de 75°C
RHW-2[4]	Moisture and Heat Resistant Rubber 167 °F	Aislamiento de Hule, resistente a la humedad (contacto directo con agua) y a temperaturas de operación hasta de 90°C
THW	Moisture and Heat Resistant Thermoplastic 167 °F	Aislamiento de termoplástico, resistente a la humedad (contacto directo con agua) y a temperaturas de hasta 75°C
THWN	Nylon Protected - Moisture and Heat Resistant Thermoplastic 167 °F	Aislamiento de termoplástico, con protección de Nylon, resistente a la humedad (contacto directo con agua) y a temperaturas de hasta 75°C
THHN	Heat resistant Thermoplastic 194°C	Aislamiento de termoplástico, con protección de Nylon, resistente a la humedad y a temperaturas de hasta 90°C
USE	Under Ground Service	Conductor que puede estar directamente enterrado, para operación a 75°C , resistente a la humedad (contacto directo con agua).
USE-2	Under Ground Service Entrance	Conductor que puede estar directamente enterrado, para operación a 90°C , resistente a la humedad (contacto directo con agua). Este tipo de conductor puede estar expuesto directamente al sol.
SE	Service Entrance	Conductor para operación a 90°C, resistente a la humedad (contacto directo con agua). Este tipo de conductor puede estar expuesto directamente al sol.
UF	Underground Feeder	Para alimentación Subterránea, temperatura de operación 60°C, resistente a la humedad. Puede estar expuesto directamente al sol.

Notas importantes:

- Los aislantes sin la clasificación W, no pueden usarse en ambientes húmedos – contacto directo con agua.
- Los conductores tipo N – tienen un aislante adicional que le dan propiedades de resistencia mecánica superior.
- Para aplicaciones en el exterior, expuestos directamente al sol, deben tener la clasificación USE, SE ó UF – Forzosamente.

---

[3] Referencias: Standard Handbook for Mechanical Engineers. Mc Graw Hill
Manual Técnico de Cables de Energía. Condumex
National Electrical Code U.S.A.

[4] La terminación [2] indica que puede ser operado a temperatura constante de 90°C, ya sea en ambiente seco o húmedo.

APÉNDICE B: Calibre de los conductores

La selección del calibre de los conductores a usar en los sistemas fotovoltaicos está en función a:

a. La corriente máxima de operación.
b. La longitud de la línea
c. La caída de Voltaje Máxima permisible. (3% - 5%)
d. El voltaje de operación (Rango de 12 a 48 Volts)
e. La temperatura máxima posible de operación (Rango de –10° a 90°C)
f. Su método de protección. (sin protección o dentro de conduits).

Recomendaciones:

- Para sistemas con mas de 4 módulos el voltaje recomendable del sistema es :24 VCD
- Para sistemas que tienen que estar mas alejados del banco de baterías, el voltaje recomendable es de 48 Volts.
- Salvo algunas excepciones se podría recomendar sistemas a 12 Volts.

Las tablas 1, 2 y 3 que se muestran a continuación, son una guía para la selección apropiada del calibre conductor. Para cada caso se ha considerado que son sistemas en corriente directa a diversos voltajes. Sobre esta base es que se revisara la apropiada selección de calibres dentro de la instalación.

TABLA #1- Distancias Máximas en metros para sistemas a 48 VCD y una caída de voltaje de 5% para diferentes calibres de conductores – temperatura de operación: 75°C.

	C A L I B R E S D E C O N D U C T O R E S												
Amperes	**14.0**	**12.0**	**10.0**	**8.0**	**6.0**	**4.0**	**3.0**	**2.0**	**1.0**	**1/0**	**2/0**	**3/0**	**4/0**
1.0	382.2	606.1	967.7	1,558.4	2,449.0	3,896.1	4,898.0	6,185.6	7,792.2	9,836.1	12,409.5	15,665.8	19,736.8
2.0	191.1	303.0	483.9	779.2	1,224.5	1,948.1	2,449.0	3,092.8	3,896.1	4,918.0	6,204.8	7,832.9	9,868.4
6.0	63.7	101.0	161.3	259.7	408.2	649.4	816.3	1,030.9	1,298.7	1,639.3	2,068.3	2,611.0	3,289.5
8.0	47.8	75.8	121.0	194.8	306.1	487.0	612.2	773.2	974.0	1,229.5	1,551.2	1,958.2	2,467.1
10.0	38.2	60.6	96.8	155.8	244.9	389.6	489.8	618.6	779.2	983.6	1,241.0	1,566.6	1,973.7
12.0	31.8	50.5	80.6	129.9	204.1	324.7	408.2	515.5	649.4	819.7	1,034.1	1,305.5	1,644.7
14.0	27.3	43.3	69.1	111.3	174.9	278.3	349.9	441.8	556.6	702.6	886.4	1,119.0	1,409.8
16.0	23.9	37.9	60.5	97.4	153.1	243.5	306.1	386.6	487.0	614.8	775.6	979.1	1,233.6
18.0	21.2	33.7	53.8	86.6	136.1	216.5	272.1	343.6	432.9	546.4	689.4	870.3	1,096.5
20.0	19.1	30.3	48.4	77.9	122.4	194.8	244.9	309.3	389.6	491.8	620.5	783.3	986.8
22.0	17.4	27.5	44.0	70.8	111.3	177.1	222.6	281.2	354.2	447.1	564.1	712.1	897.1
24.0	15.9	25.3	40.3	64.9	102.0	162.3	204.1	257.7	324.7	409.8	517.1	652.7	822.4
26.0	14.7	23.3	37.2	59.9	94.2	149.9	188.4	237.9	299.7	378.3	477.3	602.5	759.1
28.0	13.6	21.6	34.6	55.7	87.5	139.1	174.9	220.9	278.3	351.3	443.2	559.5	704.9
30.0	12.7	20.2	32.3	51.9	81.6	129.9	163.3	206.2	259.7	327.9	413.7	522.2	657.9
35.0	10.9	17.3	27.6	44.5	70.0	111.3	139.9	176.7	222.6	281.0	354.6	447.6	563.9
40.0	9.6	15.2	24.2	39.0	61.2	97.4	122.4	154.6	194.8	245.9	310.2	391.6	493.4
45.0	8.5	13.5	21.5	34.6	54.4	86.6	108.8	137.5	173.2	218.6	275.8	348.1	438.6
50.0	7.6	12.1	19.4	31.2	49.0	77.9	98.0	123.7	155.8	196.7	248.2	313.3	394.7
55.0	6.9	11.0	17.6	28.3	44.5	70.8	89.1	112.5	141.7	178.8	225.6	284.8	358.9
60.0	6.4	10.1	16.1	26.0	40.8	64.9	81.6	103.1	129.9	163.9	206.8	261.1	328.9
65.0	5.9	9.3	14.9	24.0	37.7	59.9	75.4	95.2	119.9	151.3	190.9	241.0	303.6
70.0	5.5	8.7	13.8	22.3	35.0	55.7	70.0	88.4	111.3	140.5	177.3	223.8	282.0
75.0	5.1	8.1	12.9	20.8	32.7	51.9	65.3	82.5	103.9	131.1	165.5	208.9	263.2
80.0	4.8	7.6	12.1	19.5	30.6	48.7	61.2	77.3	97.4	123.0	155.1	195.8	246.7
85.0	4.5	7.1	11.4	18.3	28.8	45.8	57.6	72.8	91.7	115.7	146.0	184.3	232.2
90.0	4.2	6.7	10.8	17.3	27.2	43.3	54.4	68.7	86.6	109.3	137.9	174.1	219.3
95.0	4.0	6.4	10.2	16.4	25.8	41.0	51.6	65.1	82.0	103.5	130.6	164.9	207.8
100.0	3.8	6.1	9.7	15.6	24.5	39.0	49.0	61.9	77.9	98.4	124.1	156.7	197.4
125.0	3.1	4.8	7.7	12.5	19.6	31.2	39.2	49.5	62.3	78.7	99.3	125.3	157.9
150.0	2.5	4.0	6.5	10.4	16.3	26.0	32.7	41.2	51.9	65.6	82.7	104.4	131.6
175.0	2.2	3.5	5.5	8.9	14.0	22.3	28.0	35.3	44.5	56.2	70.9	89.5	112.8
200.0	1.9	3.0	4.8	7.8	12.2	19.5	24.5	30.9	39.0	49.2	62.0	78.3	98.7
225.0	1.7	2.7	4.3	6.9	10.9	17.3	21.8	27.5	34.6	43.7	55.2	69.6	87.7
250.0	1.5	2.4	3.9	6.2	9.8	15.6	19.6	24.7	31.2	39.3	49.6	62.7	78.9
275.0	1.4	2.2	3.5	5.7	8.9	14.2	17.8	22.5	28.3	35.8	45.1	57.0	71.8
300.0	1.3	2.0	3.2	5.2	8.2	13.0	16.3	20.6	26.0	32.8	41.4	52.2	65.8
325.0	1.2	1.9	3.0	4.8	7.5	12.0	15.1	19.0	24.0	30.3	38.2	48.2	60.7
350.0	1.1	1.7	2.8	4.5	7.0	11.1	14.0	17.7	22.3	28.1	35.5	44.8	56.4
375.0	1.0	1.6	2.6	4.2	6.5	10.4	13.1	16.5	20.8	26.2	33.1	41.8	52.6
400.0	1.0	1.5	2.4	3.9	6.1	9.7	12.2	15.5	19.5	24.6	31.0	39.2	49.3

TABLA #2- Distancias Máximas en metrospara sistemas a 24VCD y una caída de voltaje de 4% para diferentes calibres de conductores – temperatura de operación: 75°C.

	CALIBRES DE CONDUCTORES												
Amperes	**14.0**	**12.0**	**10.0**	**8.0**	**6.0**	**4.0**	**3.0**	**2.0**	**1.0**	**1/0**	**2/0**	**3/0**	**4/0**
1.0	152.9	242.4	387.1	623.4	979.6	1,558.4	1,959.2	2,474.2	3,116.9	3,934.4	4,963.8	6,266.3	7,894.7
2.0	76.4	121.2	193.5	311.7	489.8	779.2	979.6	1,237.1	1,558.4	1,967.2	2,481.9	3,133.2	3,947.4
6.0	25.5	40.4	64.5	103.9	163.3	259.7	326.5	412.4	519.5	655.7	827.3	1,044.4	1,315.8
8.0	19.1	30.3	48.4	77.9	122.4	194.8	244.9	309.3	389.6	491.8	620.5	783.3	986.8
10.0	15.3	24.2	38.7	62.3	98.0	155.8	195.9	247.4	311.7	393.4	496.4	626.6	789.5
12.0	12.7	20.2	32.3	51.9	81.6	129.9	163.3	206.2	259.7	327.9	413.7	522.2	657.9
14.0	10.9	17.3	27.6	44.5	70.0	111.3	139.9	176.7	222.6	281.0	354.6	447.6	563.9
16.0	9.6	15.2	24.2	39.0	61.2	97.4	122.4	154.6	194.8	245.9	310.2	391.6	493.4
18.0	8.5	13.5	21.5	34.6	54.4	86.6	108.8	137.5	173.2	218.6	275.8	348.1	438.6
20.0	7.6	12.1	19.4	31.2	49.0	77.9	98.0	123.7	155.8	196.7	248.2	313.3	394.7
22.0	6.9	11.0	17.6	28.3	44.5	70.8	89.1	112.5	141.7	178.8	225.6	284.8	358.9
24.0	6.4	10.1	16.1	26.0	40.8	64.9	81.6	103.1	129.9	163.9	206.8	261.1	328.9
26.0	5.9	9.3	14.9	24.0	37.7	59.9	75.4	95.2	119.9	151.3	190.9	241.0	303.6
28.0	5.5	8.7	13.8	22.3	35.0	55.7	70.0	88.4	111.3	140.5	177.3	223.8	282.0
30.0	5.1	8.1	12.9	20.8	32.7	51.9	65.3	82.5	103.9	131.1	165.5	208.9	263.2
35.0	4.4	6.9	11.1	17.8	28.0	44.5	56.0	70.7	89.1	112.4	141.8	179.0	225.6
40.0	3.8	6.1	9.7	15.6	24.5	39.0	49.0	61.9	77.9	98.4	124.1	156.7	197.4
45.0	3.4	5.4	8.6	13.9	21.8	34.6	43.5	55.0	69.3	87.4	110.3	139.3	175.4
50.0	3.1	4.8	7.7	12.5	19.6	31.2	39.2	49.5	62.3	78.7	99.3	125.3	157.9
55.0	2.8	4.4	7.0	11.3	17.8	28.3	35.6	45.0	56.7	71.5	90.3	113.9	143.5
60.0	2.5	4.0	6.5	10.4	16.3	26.0	32.7	41.2	51.9	65.6	82.7	104.4	131.6
65.0	2.4	3.7	6.0	9.6	15.1	24.0	30.1	38.1	48.0	60.5	76.4	96.4	121.5
70.0	2.2	3.5	5.5	8.9	14.0	22.3	28.0	35.3	44.5	56.2	70.9	89.5	112.8
75.0	2.0	3.2	5.2	8.3	13.1	20.8	26.1	33.0	41.6	52.5	66.2	83.6	105.3
80.0	1.9	3.0	4.8	7.8	12.2	19.5	24.5	30.9	39.0	49.2	62.0	78.3	98.7
85.0	1.8	2.9	4.6	7.3	11.5	18.3	23.0	29.1	36.7	46.3	58.4	73.7	92.9
90.0	1.7	2.7	4.3	6.9	10.9	17.3	21.8	27.5	34.6	43.7	55.2	69.6	87.7
95.0	1.6	2.6	4.1	6.6	10.3	16.4	20.6	26.0	32.8	41.4	52.3	66.0	83.1
100.0	1.5	2.4	3.9	6.2	9.8	15.6	19.6	24.7	31.2	39.3	49.6	62.7	78.9
125.0	1.2	1.9	3.1	5.0	7.8	12.5	15.7	19.8	24.9	31.5	39.7	50.1	63.2
150.0	1.0	1.6	2.6	4.2	6.5	10.4	13.1	16.5	20.8	26.2	33.1	41.8	52.6
175.0	0.9	1.4	2.2	3.6	5.6	8.9	11.2	14.1	17.8	22.5	28.4	35.8	45.1
200.0	0.8	1.2	1.9	3.1	4.9	7.8	9.8	12.4	15.6	19.7	24.8	31.3	39.5
225.0	0.7	1.1	1.7	2.8	4.4	6.9	8.7	11.0	13.9	17.5	22.1	27.9	35.1
250.0	0.6	1.0	1.5	2.5	3.9	6.2	7.8	9.9	12.5	15.7	19.9	25.1	31.6
275.0	0.6	0.9	1.4	2.3	3.6	5.7	7.1	9.0	11.3	14.3	18.1	22.8	28.7
300.0	0.5	0.8	1.3	2.1	3.3	5.2	6.5	8.2	10.4	13.1	16.5	20.9	26.3
325.0	0.5	0.7	1.2	1.9	3.0	4.8	6.0	7.6	9.6	12.1	15.3	19.3	24.3
350.0	0.4	0.7	1.1	1.8	2.8	4.5	5.6	7.1	8.9	11.2	14.2	17.9	22.6
375.0	0.4	0.6	1.0	1.7	2.6	4.2	5.2	6.6	8.3	10.5	13.2	16.7	21.1
400.0	0.4	0.6	1.0	1.6	2.4	3.9	4.9	6.2	7.8	9.8	12.4	15.7	19.7

TABLA #3- Distancias Máximas en metros para sistemas a 12 VCD y una caída de voltaje de 3% para diferentes calibres de conductores – temperatura de operación: 75°C.

	CALIBRES DE CONDUCTORES												
Amperes	**14.0**	**12.0**	**10.0**	**8.0**	**6.0**	**4.0**	**3.0**	**2.0**	**1.0**	**1/0**	**2/0**	**3/0**	**4/0**
1.0	57.3	90.9	145.2	233.8	367.3	584.4	734.7	927.8	1,168.8	1,475.4	1,861.4	2,349.9	2,960.5
2.0	28.7	45.5	72.6	116.9	183.7	292.2	367.3	463.9	584.4	737.7	930.7	1,174.9	1,480.3
6.0	9.6	15.2	24.2	39.0	61.2	97.4	122.4	154.6	194.8	245.9	310.2	391.6	493.4
8.0	7.2	11.4	18.1	29.2	45.9	73.1	91.8	116.0	146.1	184.4	232.7	293.7	370.1
10.0	5.7	9.1	14.5	23.4	36.7	58.4	73.5	92.8	116.9	147.5	186.1	235.0	296.1
12.0	4.8	7.6	12.1	19.5	30.6	48.7	61.2	77.3	97.4	123.0	155.1	195.8	246.7
14.0	4.1	6.5	10.4	16.7	26.2	41.7	52.5	66.3	83.5	105.4	133.0	167.8	211.5
16.0	3.6	5.7	9.1	14.6	23.0	36.5	45.9	58.0	73.1	92.2	116.3	146.9	185.0
18.0	3.2	5.1	8.1	13.0	20.4	32.5	40.8	51.5	64.9	82.0	103.4	130.5	164.5
20.0	2.9	4.5	7.3	11.7	18.4	29.2	36.7	46.4	58.4	73.8	93.1	117.5	148.0
22.0	2.6	4.1	6.6	10.6	16.7	26.6	33.4	42.2	53.1	67.1	84.6	106.8	134.6
24.0	2.4	3.8	6.0	9.7	15.3	24.4	30.6	38.7	48.7	61.5	77.6	97.9	123.4
26.0	2.2	3.5	5.6	9.0	14.1	22.5	28.3	35.7	45.0	56.7	71.6	90.4	113.9
28.0	2.0	3.2	5.2	8.3	13.1	20.9	26.2	33.1	41.7	52.7	66.5	83.9	105.7
30.0	1.9	3.0	4.8	7.8	12.2	19.5	24.5	30.9	39.0	49.2	62.0	78.3	98.7
35.0	1.6	2.6	4.1	6.7	10.5	16.7	21.0	26.5	33.4	42.2	53.2	67.1	84.6
40.0	1.4	2.3	3.6	5.8	9.2	14.6	18.4	23.2	29.2	36.9	46.5	58.7	74.0
45.0	1.3	2.0	3.2	5.2	8.2	13.0	16.3	20.6	26.0	32.8	41.4	52.2	65.8
50.0	1.1	1.8	2.9	4.7	7.3	11.7	14.7	18.6	23.4	29.5	37.2	47.0	59.2
55.0	1.0	1.7	2.6	4.3	6.7	10.6	13.4	16.9	21.3	26.8	33.8	42.7	53.8
60.0	1.0	1.5	2.4	3.9	6.1	9.7	12.2	15.5	19.5	24.6	31.0	39.2	49.3
65.0	0.9	1.4	2.2	3.6	5.7	9.0	11.3	14.3	18.0	22.7	28.6	36.2	45.5
70.0	0.8	1.3	2.1	3.3	5.2	8.3	10.5	13.3	16.7	21.1	26.6	33.6	42.3
75.0	0.8	1.2	1.9	3.1	4.9	7.8	9.8	12.4	15.6	19.7	24.8	31.3	39.5
80.0	0.7	1.1	1.8	2.9	4.6	7.3	9.2	11.6	14.6	18.4	23.3	29.4	37.0
85.0	0.7	1.1	1.7	2.8	4.3	6.9	8.6	10.9	13.8	17.4	21.9	27.6	34.8
90.0	0.6	1.0	1.6	2.6	4.1	6.5	8.2	10.3	13.0	16.4	20.7	26.1	32.9
95.0	0.6	1.0	1.5	2.5	3.9	6.2	7.7	9.8	12.3	15.5	19.6	24.7	31.2
100.0	0.6	0.9	1.5	2.3	3.7	5.8	7.3	9.3	11.7	14.8	18.6	23.5	29.6
125.0	0.5	0.7	1.2	1.9	2.9	4.7	5.9	7.4	9.4	11.8	14.9	18.8	23.7
150.0	0.4	0.6	1.0	1.6	2.4	3.9	4.9	6.2	7.8	9.8	12.4	15.7	19.7
175.0	0.3	0.5	0.8	1.3	2.1	3.3	4.2	5.3	6.7	8.4	10.6	13.4	16.9
200.0	0.3	0.5	0.7	1.2	1.8	2.9	3.7	4.6	5.8	7.4	9.3	11.7	14.8
225.0	0.3	0.4	0.6	1.0	1.6	2.6	3.3	4.1	5.2	6.6	8.3	10.4	13.2
250.0	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	2.3	2.9	3.7	4.7	5.9	7.4	9.4	11.8
275.0	0.2	0.3	0.5	0.9	1.3	2.1	2.7	3.4	4.3	5.4	6.8	8.5	10.8
300.0	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.9	2.4	3.1	3.9	4.9	6.2	7.8	9.9
325.0	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	1.8	2.3	2.9	3.6	4.5	5.7	7.2	9.1
350.0	0.2	0.3	0.4	0.7	1.0	1.7	2.1	2.7	3.3	4.2	5.3	6.7	8.5
375.0	0.2	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6	2.0	2.5	3.1	3.9	5.0	6.3	7.9
400.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9	1.5	1.8	2.3	2.9	3.7	4.7	5.9	7.4